

(51) Int.Cl.<sup>®</sup>  
H 01 L 29/786  
21/336  
21/265

識別記号

F I  
H 01 L 29/78 6 1 6 M  
21/265 F  
P  
29/78 6 1 6 A

審査請求 未請求 請求項の数23 O.L. (全 21 頁)

(21)出願番号 特願平10-279891  
(22)出願日 平成10年(1998)10月1日  
(31)優先権主張番号 特願平9-269565  
(32)優先日 平9(1997)10月2日  
(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005821  
松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地  
(72)発明者 平尾 孝  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 吉田 哲久  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 福本 徹  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(74)代理人 弁理士 大前 要

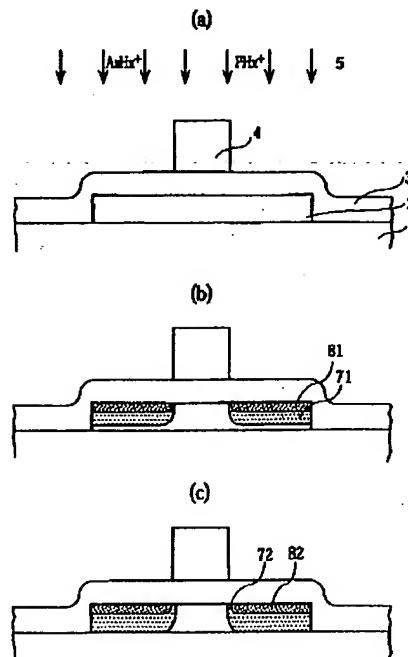
最終頁に続く

## (54)【発明の名称】トランジスタの製造方法

## (57)【要約】

【課題】 ただ一度の不純物の打ち込みで、LDD構造を有する半導体を製造する。

【解決手段】 分子量等、ひいては標的への注入深さの異なることとなる複数の不純物イオンを発生させる原料ガスをプラズマ空間に供給し、これをイオン化した後、電圧で加速して基板上の半導体領域に打ち込む。この際、トップゲート型のトランジスタならば、半導体領域上でのゲート電極は、マスクの作用をなす厚さとしている。ボトムゲート型のトランジスタならば、マスクやレジストを使用する。打ち込み角度は、必要に応じて適切な値とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上の半導体層と該半導体層の上部に形成されたゲート絶縁層と該ゲート絶縁層上に形成されたゲート電極からなる半導体領域上に、注入深さの異なることとなる不純物元素をイオン化して電圧で加速して打ち込むことによりトランジスタを製造する方法であつて、

打ち込まれる不純物元素の注入深さから定まる厚さのゲート電極をドーピング時のマスクを兼ねてゲート絶縁層上に形成するゲート電極形成ステップと、

少なくも1種の不純物元素の複数の種類の化合物を混合して原料ガスを作る混合ステップと、原料ガスをイオン化室に供給する供給ステップと、原料ガスをイオン化するイオン化ステップと、イオン化された原料ガスに所定の運動エネルギーを与えて基板上の半導体領域に打ち込んでソースまたはドレイン領域を形成するドーピングステップとを有していることを特徴とするトランジスタの製造方法。

【請求項2】 前記ゲート電極形成ステップは、ゲート電極の側面にドーピング時にゲート電極と併せてマスクの作用をなす絶縁膜を形成する追加マスク形成小ステップを有していることを特徴とする請求項1記載のトランジスタの製造方法。

【請求項3】 基板上のゲート電極と該ゲート電極及び基板の上部に形成されたゲート絶縁層と該ゲート絶縁層上に形成された半導体層からなる半導体領域上に、注入深さの異なることとなる不純物元素をイオン化し、電圧で加速して打ち込むことによりトランジスタを製造する方法であつて、

打ち込まれる不純物元素の注入深さから定まる厚さのマスクをゲート電極上方の半導体層の上部に形成するマスク形成ステップと、少なくも1種の不純物元素の複数の種類の化合物を混合して原料ガスを作る混合ステップと、

原料ガスをイオン化室に供給する供給ステップと、原料ガスをイオン化するイオン化ステップと、イオン化された原料ガスに所定の運動エネルギーを与えて基板上の半導体領域に打ち込んでソースまたはドレイン領域を形成するドーピングステップとを有していることを特徴とするトランジスタの製造方法。

【請求項4】 前記ドーピングステップに先立ち、基板と前記ドーピングステップにて打ち込まれてくるイオン化された原料ガスの飛来する方向があらかじめマスクの高さ、巾、間隔等から定まる所定の傾斜を有するようにしておく傾斜付与ステップを有し、前記ドーピングステップに併せて、飛来してくるイオン化された原料ガスに対してゲート電極の影の部分が生じないよう基板とイオン源とを相対的に回転させる回転付与ステップとを有していることを特徴とする請求項1、請求項2若しくは請求項3記載のトランジスタの製造方

法。

【請求項5】 前記混合ステップに先立ち、不純物元素としてIII族またはVI族の少くも1方の元素の化合物を選定するドーピング元素選定ステップを有していることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3若しくは請求項4記載のトランジスタの製造方法。

【請求項6】 前記ドーピング元素選定ステップは、不純物元素としてP及びAsを選択するP、As選択ステップであることを特徴とする請求項5記載のトランジ

10 タの製造方法。

【請求項7】 前記P、As選択ステップは、混合ステップにて混合するP、Asの化合物として水素化物を選択する水素化物選択小ステップを有していることを特徴とする請求項6記載のトランジスタの製造方法。

【請求項8】 前記混合ステップに先立ち、不純物元素として、導電性価電子数の異なる不純物元素を選択する導電相違選択ステップを有していることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3若しくは請求項4記載のトランジスタの製造方法。

【請求項9】 前記導電相違選択ステップは、P、As及びBを選択するP、As、B選択ステップであることを特徴とする請求項8記載のトランジスタの製造方法。

【請求項10】 前記P、As、B選択ステップは、混合ステップにて混合するP、As、Bの化合物として水素化物を選択する水素化物選択小ステップを有していることを特徴とする請求項9記載のトランジスタの製造方法。

【請求項11】 前記混合ステップに先立ち、30 不純物元素として、同一の不純物ではあるが分子式の異なる複数の種類の化合物を選定する同一ドーピング元素選択ステップを有していることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3若しくは請求項4記載のトランジタの製造方法。

【請求項12】 前記同一ドーピング元素選択ステップは、不純物元素の水素化物を少くも1種の化合物として選択する水素化物選択小ステップを有していることを特徴とする請求項1記載のトランジスタの製造方法。

【請求項13】 基板上の半導体層と該半導体層の上部に形成されたゲート絶縁層と該ゲート絶縁層上に形成されたゲート電極からなる半導体領域上に、注入深さの異なることとなる少なくも1種の不純物元素をイオン化して電圧で加速して打ち込むことによりトランジスタを製造する方法であつて、

ドーピング時に少なくもマスクの一部を兼ねるべく、打ち込まれる不純物元素の注入深さから定まる厚さにゲート電極を形成するゲート電極形成ステップと、少なくも1種の不純物元素の少なくも1種の化合物を含むガスを原料ガスとしてイオン化室に供給する供給ステップと、供給された原料ガスを、複数種の定められた注入深さの

不純物元素を有することとなるようにイオン化するイオン化ステップと、イオン化された原料ガスに所定の運動エネルギーを与えて基板上の半導体領域に打ち込んでソースまたはドレイン領域を形成するドーピングステップとを有していることを特徴とするトランジスタの製造方法。

【請求項14】 基板上のゲート電極と該ゲート電極及び基板の上部に形成されたゲート絶縁層と該ゲート絶縁層上に形成された半導体層とからなる半導体領域上に、注入深さの異なることとなる少なくも1種の不純物元素をイオン化し、電圧で加速して打ち込むことによりトランジスタを製造する方法であって、

打ち込まれる不純物元素の注入深さから定まる厚さのマスクをゲート電極上方の半導体層の上部に形成するマスク形成ステップと、

少なくも1種の不純物元素の少なくも1種の化合物を含むガスを原料ガスとしてイオン化室に供給する供給ステップと、

供給された原料ガスを、複数種の定められた注入深さの不純物元素を有することとなるようにイオン化するイオン化ステップと、イオン化された原料ガスに所定の運動エネルギーを与えて基板上の半導体領域に打ち込んでソースまたはドレイン領域を形成するドーピングステップとを有していることを特徴とするトランジスタの製造方法。

【請求項15】 前記ドーピングステップに先立ち、基板と前記ドーピングステップにて打ち込まれてくるイオン化された原料ガスの飛来する方向があらかじめマスクの高さ、巾、間隔等から定まる所定の傾斜を有するようにしておく傾斜付与ステップを有し、

前記ドーピングステップに併せて、飛来してくるイオン化された原料ガスに対してゲート電極の影の部分が生じないよう基板とイオン源とを相対的に回転させる回転付与ステップとを有していることを特徴とする請求項13若しくは請求項14記載のトランジスタの製造方法。

【請求項16】 前記供給ステップに先立ち、不純物元素としてIII族またはVI族の少なくも1方の元素の化合物を選定するドーピング元素選定ステップを有していることを特徴とする請求項13、請求項14若しくは請求項15記載のトランジスタの製造方法。

【請求項17】 前記ドーピングステップ元素選定ステップは、不純物元素としてP及びAsを選択するP、As選択ステップであり、前記供給ステップに先立ち、不純物元素のガスを混合する混合ステップを有していることを特徴とする請求項15記載のトランジスタの製造方法。

【請求項18】 前記P、As選択ステップは、混合ステップにて混合するP、Asの化合物として水素化物を選択する水素化物選択小ステップを有していることを特徴とする請求項17記載のトランジスタの製造方

法。

【請求項19】 前記供給ステップに先立ち、不純物元素として、導電性価電子数の異なる不純物元素を選択する導電相違選択ステップを有していることを特徴とする請求項13、請求項14若しくは請求項15記載のトランジスタの製造方法。

【請求項20】 前記導電相違選択ステップは、P、As及びBを選択するP、As、B選択ステップであり、前記供給ステップに先立ち、不純物元素のガスを混合する混合ステップを有していることを特徴とする請求項19記載のトランジスタの製造方法。

【請求項21】 前記P、As、B選択ステップは、混合ステップにて混合するP、As、Bの化合物として水素化物を選択する水素化物選択小ステップを有していることを特徴とする請求項20記載のトランジスタの製造方法。

【請求項22】 前記供給ステップに先立ち、不純物元素として、同一の不純物ではあるが分子式の異なる複数の種類の化合物を選定する同一ドーピング元素選択ステップと、

選定した複数の種類の化合物を混合する混合ステップとを有していることを特徴とする請求項13、請求項14若しくは請求項15記載のトランジスタの製造方法。

【請求項23】 前記同一ドーピング元素選択ステップは、不純物元素の水素化物を少なくも1種の化合物として選択する水素化物選択小ステップを有していることを特徴とする請求項22記載のトランジスタの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

30 【発明の属する技術分野】 本発明は、トランジスタの製造方法に関し、特に液晶ディスプレイ等において、ガラス基板上にスイッチング素子として形成される薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor : TFT) に代表されるトランジスタの製造方法、特に液晶ディスプレイ用のトランジスタの製造方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 液晶ディスプレイは、薄型化及び低消費電力化が容易なディスプレイの1つであり、ノート型パソコンや携帯端末等における画像表示に適しており、幅広く利用されている。そして、上記のような液晶ディスプレイでは、各画素 (pixel) が薄膜トランジスタにより駆動されている (switching)。

【0003】 更に、近年では、開口率の増加に基づく輝度の向上及び画素の微細化（小型、精密化）を図るべく、薄膜トランジスタのサイズも微細化が図られている。しかしながら、単に従来の構造を微細化（小型化及びこれに伴う手直し）をしただけでは、OFF電流、短チャネル効果やホットキャリア等の悪影響が発生する恐れがある。

【0004】そのため、TFTにおいてもLSIと同様にLDD (Lightly Doped Drain) 構造が採用されている。

【0005】そこで、以下では図2に示す製造工程断面図(不純物の注入の様子とこれに伴う半導体内の不純物の分布の様子を示す図)を参照しながら、従来のLDD構造を有するTFTの製造方法について説明する。

【0006】まず、ガラス基板1上の所定の位置に半導体層2を10~100nmの膜厚で用途に応じての配列パターンに従って(選択的)に形成する。なお、この半導体層としては、従来のアモルファスシリコン(a-Si, amorphous silicon)に代わって最近ではポリシリコン(poly-Si, polycrystalline silicon)を用いる試みがなされている。この場合には、一旦a-Si層をガラス基板上に形成した後にエキシマレーザ(eximer laser)の照射、再結晶化(アニール)を行ってpoly-Si層を形成している。

【0007】その後、半導体層2の形成されたガラス基板1上に例えばSiO<sub>2</sub>からなるゲート絶縁層3と同じくパターンに従って50~100nmの膜厚で形成し、さらにゲート絶縁層3上にゲート電極4を100~200nmの膜厚で形成する。この状態でゲート電極4をマスクとして第1の不純物(ドナー若しくはアクセプターとなる)のイオン5の注入を行う。

【0008】具体的には、例えばP(燐)を10<sup>16</sup>~10<sup>18</sup>c m<sup>-3</sup>の濃度になるように、水素希釈5~20%PH<sub>3</sub>(体積で、PH<sub>3</sub>が5~20%)を原料ガスとして、50~80kVの加速電圧で注入して低濃度のn<sup>+</sup>型領域7を形成する。図2の(a)にこれを示す。(なお、本図の(a)では、イオン5としてPH<sub>3</sub><sup>+</sup>を示してある。)

なお、実際にはゲート電極4の上部にも燐がドーピングされているが、これは自明のことなので、わざわざは図示していない。

【0009】次に、ゲート電極4の側面にSiO<sub>2</sub>絶縁膜パターン6を形成する。この絶縁膜パターンは、全面にSiO<sub>2</sub>膜を形成した後に全面をドライエッチングすることにより形成したり、またゲート電極4の側面を陽極酸化することにより形成する。

【0010】そしてこの状態で、第2の不純物イオン5の注入を行う。

【0011】具体的には、例えば再度P(燐)を10<sup>19</sup>~10<sup>21</sup>c m<sup>-3</sup>の濃度になるように、水素希釈5~20%PH<sub>3</sub>を原料ガスとして、50~80kVの加速電圧で注入して高濃度のn<sup>+</sup>型領域8を形成する。

【0012】以上の工程により、半導体層2には、不純物濃度の低いLDD領域7と、LDD領域よりも不純物濃度の高いソース・ドレイン領域8が形成される。図2の(b)にこれを示す。(なお、本図の(b)でも、イ

オン5としてPH<sub>3</sub><sup>+</sup>を示してある。)

最後に、上述の2度の工程で注入された不純物の活性化のためLSIで用いるSi MOS transistor等では、例えば850°C~900°Cで熱処理を行う。

【0013】ただし、基板にガラス等を用いる薄膜トランジスタの場合には、高温にするのは困難なため、通常400~600°C程度の熱処理やランプ加熱、レーザーアニール等を行う。

- 10 【0014】そして、これらの熱処理を行うことにより、注入された不純物がSiと結びつくことにより活性化されるとともに、拡散して、LDD領域7はゲート電極4側面の直下よりゲート電極中心部側にまで拡散して広がることになる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した従来のLDD構造を有する薄膜トランジスタを形成する際には、必然的に2度の不純物注入工程を必要とする。このため、工程数が増加し、コストアップや歩留まりが悪くなる原因となる。

- 20 【0016】また、図1では燐を示したが、As等猛毒の不純物を注入する場合には、なるべく工程数を減らすのがほしい。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は上記問題点に鑑みなされたものであり、不純物注入工程が1度ですむLDD構造を有するトランジスタの製造方法を提供することを主たる目的とする。

- 30 【0018】この目的を達成するため、本発明の1の実施の形態においては、半導体領域上にゲート電極を形成する工程と、不純物元素を含有し、分子量等が異なるため注入深さ(Projected range)の異なることとなる複数の不純物イオンを発生させることとなる原料ガスをプラズマ化し、プラズマ空間を形成する工程と、少なくともゲート電極をマスクとして、プラズマ空間中で形成された不純物元素を含有する複数の種類のイオンを加速して半導体領域に同時にドーピングして半導体領域にソースまたはドレイン領域を形成する工程とを有する構成となっている。

- 40 【0019】これにより、注入深さの異なることとなる不純物イオンを発生する(打ち込み用の)原料ガスを用いるだけで、1度のイオンドーピング工程で、LDD構造を形成することができる。

【0020】また、更にプラズマ空間中で形成された不純物元素を含有するイオンを加速して半導体領域表面に對して斜め方向からドーピングする。

【0021】また、ゲート電極側面に形成された絶縁膜パターンをもマスクとして、プラズマ空間中で形成された不純物元素を含有するイオンを加速して半導体領域にドーピングする。

【0022】また、絶縁膜パターンや保護膜若しくはこれに加えてレジストをもマスクとして、プラズマ空間内で形成された不純物元素を含有するイオンを加速して半導体領域にドーピングする。

【0023】これらにより、トップゲート型のトランジスタであれボトムゲート型のトランジスタであれ、より容易に制御性よく低濃度の不純物領域（LDD領域）を形成することができる。

【0024】また、上記の分子量等が異なる不純物を含有する原料ガスとして、PとAsなどの種類の異なる不純物を含有するガスや、同じ種類の不純物元素を含有し、分子量等が異なるため生成されたイオンの注入深さや分布が異なることとなる原料ガスを用いる。

【0025】また、イオンの荷電数が異なるため、たとえ同一の不純物元素であっても、生成されたイオンの注入深さや分布が異なることとなる原料ガスを用いる。

【0026】また、生成されたイオンの注入深さや分布が異なることとなるように、イオンの価電数を異ならせるプラズマ化の手段を用いる。

【0027】また、異なる種類の不純物元素として導電性価電子数の異なる不純物元素を用いることにより、単にソース・ドレイン領域の形成だけでなく、トランジスタのしきい値制御のための不純物導入も同時に行う。

【0028】また、不純物元素の化合物のイオン化のための種々の手段を採用する。

【0029】具体的には、以下の構成としている。

【0030】請求項1記載の発明においては、基板上の半導体層と該半導体層の上部に形成されたゲート絶縁層と該ゲート絶縁層上に形成されたゲート電極からなる半導体領域上に、注入深さの異なることとなる不純物元素をイオン化して電圧で加速して打ち込むことによりトランジスタを製造する方法であって、打ち込まれる不純物元素の注入深さから定まる厚さのゲート電極をドーピング時のマスクを兼ねてゲート絶縁層上に形成するゲート電極形成ステップと、少なくも1種の不純物元素の複数の種類の化合物を混合して原料ガスを作る混合ステップと、原料ガスをイオン化室に供給する供給ステップと、原料ガスをイオン化するイオン化ステップと、イオン化された原料ガスに所定の運動エネルギーを与えて基板上の半導体領域に打ち込んでソースまたはドレイン領域を形成するドーピングステップとを有していることを特徴としている。

【0031】上記構成により、基板上の半導体層と該半導体層の上部に形成されたゲート絶縁層と該ゲート絶縁層上に形成されたゲート電極からなる半導体領域上に、注入深さの異なることとなる不純物元素をイオン化して電圧で加速して打ち込むことにより（LDD型の）トランジスタを製造する方法において、以下の作用がなされる。

【0032】ゲート電極形成ステップにて、As等打ち

込まれる不純物元素の注入深さから定まる（従って、加速電圧や材料密度等も考慮する）厚さのゲート電極をドーピング時のマスクを兼ねてゲート絶縁層上に形成する。

【0033】混合ステップにて、少なくも1種の不純物元素の複数の種類の化合物（ガス）を混合して（打ち込み用の）原料ガスを作る。

【0034】供給ステップにて、原料ガスを（勿論、打ち込み量と調整しつつ）イオン化室に供給する。

10 【0035】イオン化ステップにて、原料ガスを（ケースにより所定の荷電数に）イオン化する。

【0036】ドーピングステップにて、イオン化された原料ガスに、所定の運動エネルギーを与えて基板上の半導体領域に打ち込んでソースまたはドレイン領域を形成する。

【0037】請求項2記載の発明においては、前記ゲート電極形成ステップは、ゲート電極の側面にドーピング時にゲート電極と併せてマスクの作用をなす絶縁膜を形成する追加マスク形成小ステップを有していることを特徴としている。上記構成により、以下の作用がなされる。

【0038】ゲート電極形成ステップの追加マスク形成小ステップにて、ゲート電極の側面にドーピング時にゲート電極と併せてマスクの作用をなす（マスクとしての効果の大小は不問）絶縁膜を形成する。

【0039】請求項3記載の発明においては、基板上のゲート電極と該ゲート電極及び基板の上部に形成されたゲート絶縁層と該ゲート絶縁層上に形成された半導体層とからなる半導体領域上に、注入深さの異なることとなる不純物元素をイオン化し、電圧で加速して打ち込むことによりトランジスタを製造する方法において、打ち込まれる不純物元素の注入深さから定まる厚さのマスクをゲート電極上方の半導体層の上部に形成するマスク形成ステップと、少なくも1種の不純物元素の複数の種類の化合物を混合して原料ガスを作る混合ステップと、原料ガスをイオン化室に供給する供給ステップと、原料ガスをイオン化するイオン化ステップと、イオン化された原料ガスに所定の運動エネルギーを与えて基板上の半導体領域に打ち込んでソースまたはドレイン領域を形成するドーピングステップとを有していることを特徴としている。

【0040】上記構成により、基板上のゲート電極と該ゲート電極及び基板の上部に形成されたゲート絶縁層と該ゲート絶縁層上に形成された半導体層とからなる半導体領域上に、注入深さの異なることとなる不純物元素をイオン化し、電圧で加速して打ち込むことによりトランジスタを製造する方法において、以下の作用がなされる。

【0041】マスク形成ステップにて、打ち込まれる不純物元素の注入深さから定まる厚さのマスクをゲート電

極上方の半導体層の上部に形成する。

【0042】混合ステップにて、少なくも1種の不純物元素の複数の種類の化合物を混合して（打ち込み対象としての）原料ガスを作る。

【0043】供給ステップにて、原料ガスをイオン化室に供給する。

【0044】イオン化ステップにて、原料ガスをイオン化する。

【0045】ドーピングステップにて、イオン化された原料ガスに所定の運動エネルギーを与えて基板上の半導体領域に打ち込んでソースまたはドレイン領域を形成する。請求項4記載の発明においては、前記ドーピングステップに先立ち、基板と前記ドーピングステップにて打ち込まれてくるイオン化された原料ガスの飛来する方向があらかじめマスクの高さ、巾、間隔等から定まる所定の傾斜を有するようにしておく傾斜付与ステップを有し、前記ドーピングステップに併せて、飛来してくるイオン化された原料ガスに対してゲート電極の影の部分が生じないよう基板とイオン源とを相対的に回転させる回転付与ステップとを有していることを特徴としている。

【0046】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0047】ドーピングステップに先立つ傾斜付与ステップにて、基板と前記ドーピングステップにて打ち込まれてくるイオン化された原料ガスの飛来する方向があらかじめマスクの高さ、巾、間隔等から定まる所定の傾斜を有するように、基板が照射部の少なくも一方を傾斜させておく。

【0048】前記ドーピングステップに併せてなされる回転付与ステップにて、飛来してくるイオン化された原料ガスに対してゲート電極の影の部分が生じないよう、連続的若しくは完結的に基板とイオン源とを相対的に回転させる。

【0049】請求項5、同6、同8、同9、同11記載の発明においては、特定の種類、性質の不純物元素やその化合物を選定する。

【0050】請求項7、同10、同12記載の発明においては、特定の種類、性質の不純物元素やその化合物を選定するが、この際、水素との化合物を選定する。

【0051】請求項13記載の発明においては、基板上の半導体層と該半導体層の上部に形成されたゲート絶縁層と該ゲート絶縁層上に形成されたゲート電極からなる半導体領域上に、注入深さの異なることとなる少なくも1種の不純物元素をイオン化して電圧で加速して打ち込むことによりトランジスタを製造する方法であって、ドーピング時に少なくもマスクの一部を兼ねるべく、打ち込まれる不純物元素の注入深さから定まる厚さにゲート電極を形成するゲート電極形成ステップと、少なくも1種の不純物元素の少なくも1種の化合物を含むガスを原料ガスとしてイオン化室に供給する供給ステップと、供給された原料ガスを、複数種の定められた注入深さの不純物元素を有することとなるようにイオン化するイオン化ステップと、イオン化された原料ガスに所定の運動エネルギーを与えて基板上の半導体領域に打ち込んでソースまたはドレイン領域を形成するドーピングステップとを有していることを特徴としている。

【0052】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0053】基本的には、請求項1の発明と同じである。ただし、同一化合物であっても、不純物の荷電数が異なったりするため、侵入深さが異なったり、更には1価のイオンと2価のイオンの発生数が制御されたりもする。またこのため同一化合物のみ打ち込むならば、1価のイオンは高周波でつくられ、2価のイオンは電子錠でつくられたりもする。

【0054】請求項14記載の発明においては、基板上のゲート電極と該ゲート電極及び基板の上部に形成されたゲート絶縁層と該ゲート絶縁層上に形成された半導体層とからなる半導体領域上に、注入深さの異なることとなる少なくも1種の不純物元素をイオン化し、電圧で加速して打ち込むことによりトランジスタを製造する方法であって、打ち込まれる不純物元素の注入深さから定まる厚さのマスクをゲート電極上方の半導体層の上部に形成するマスク形成ステップと、少なくも1種の不純物元素の少なくも1種の化合物を含むガスを原料ガスとしてイオン化室に供給する供給ステップと、供給された原料ガスを、複数種の定められた注入深さの不純物元素を有することとなるようにイオン化するイオン化ステップと、イオン化された原料ガスに所定の運動エネルギーを与えて基板上の半導体領域に打ち込んでソースまたはドレイン領域を形成するドーピングステップとを有していることを特徴としている。

【0055】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0056】基本的には、請求項3の発明と同じである。ただし、請求項13の発明が請求項1の発明と相違するのと同じ点が請求項3の発明と相違する。

【0057】請求項15記載の発明においては、請求項1から同3の発明における請求項4記載の発明と同様の作用、効果、構成が請求項13、同14の発明に対してなされる。

【0058】請求項16から同23記載の発明においては、請求項1から同4の発明における請求項5から同12記載の発明と同様の作用、効果、構成が請求項13から同15の発明に対してなされる。

【0059】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、その実施例に基づいて説明する。

【0060】（第1実施例）本実施例は、従来少なくとも2つの工程で不純物注入していたものを1度の不純物注入によりLDI構造を形成するものであるが、不純物元素を含有し、分子量の異なる複数の（そして、本来の）原料ガスをプラズマ化して、同時に半導体領域（半

導体層)に導入し、分子量(原子量、小なほど注入しやすい)や保持する運動エネルギー(大なほど注入しやすい)、原子価等から定まる注入深さの差(含む、注入の特性や注入後の拡散)による注入分布の違いを利用するものである。そして、n型の不純物としてP(磷)とAs(砒素)を同時に導入し、LDD領域とソース・ドレイン領域を同時に形成するものである。

【0061】図1は、本実施例の薄膜トランジスタの製造工程断面図である。以下、本図を参照しつつ各工程について説明する。

【0062】まず、ガラス等の透光性物質からなる基板1上に半導体層2を形成する。次いで、エキシマレーザによるアニール等を行って、膜厚が約50nmのポリシリコン層を形成する。

【0063】その後、半導体層2の形成された基板1上に、例えばSiO<sub>2</sub>からなる膜厚が50~100nmのゲート絶縁層3を形成する。

【0064】さらにゲート絶縁層3上に膜厚が100~200nmのゲート電極4を形成する。

【0065】なお、このときのゲート電極の幅(ゲート長:L)は3~10μm程度である。そして、これらについて、図2に示す従来の場合と全く同様である。

【0066】この状態で、ゲート電極4をマスクとして不純物イオン5の注入を行う。

【0067】本実施例では、P及びAsをイオンドーピングにより同時に導入するが、具体的には、Pを含有する原料ガスとして、水素希釈0.1~1%PH<sub>3</sub>を用い、一方Asを含有する原料ガスとして水素希釈5~20%AsH<sub>3</sub>を用いて各々の原料の流量を、0.5~10scm(standard cubic centimetre per minute)及び50~200scmとし、圧力は最大10<sup>-3</sup>Torr、好ましくは10<sup>-4</sup>Torr、加速電圧は50~100kVとする。この様子を図1の(a)に示す。

【0068】本図1の(a)の工程において、LDD領域を形成するために注入されるPの量はソース・ドレイン領域を形成するために注入されるAsの量よりも少なくする。

【0069】なおここで、AsやPの化合物として水素化合物を選定したのは、後に説明するごとく、水素の原子量は小さいためドーピングされるAsやPの得る運動エネルギーがその分、大となること、また、標的となる半導体の結晶構造を害するのが少ないと、一般に沸点が低いものが多く、このため化合物は常温では気体となり、取扱いに便利なこと

その他、水素によるアニーリング効果や熱処理時に不要な水素は逃げ出すことや結晶内のダングリングボンドの補償や注入欠陥の補償、をも考慮したものである。

【0070】ここでイオンドーピングを行う装置について、説明する。

【0071】図3は、その概略構成図である。

【0072】本図において、11はイオン源となるチャンバーである。

【0073】このチャンバー11内に流量制御装置(mass flow controller)12によって、流量が制御された水素希釈のPH<sub>3</sub>及びAsH<sub>3</sub>の混合ガスが原料ガスとして供給される。なお、配管中であらかじめ混合がなされるようにしておくのは、広い半導体基板上に小さな半導体が多数配列されているため、10個々の半導体によりPとAsの照射ムラが生じるのを防止するためである。

【0074】また、水素ガスにて原料ガスを稀釈しているのは、装置の放電チャンバー等にAsやPの細粉が付着し、更には漏電等の原因となるのを防止するためである。更にまた、上方から供給するのは、原料ガスのリフレッシュに適しているからである。

【0075】これらの原料ガスは、高周波電源13によつて放電・励起されてプラズマ空間14を形成する。なお、ここで、原料ガスのプラズマ化に高周波電源を採用しているのは、大容積であつても均一なイオン分布となるからである。

【0076】その後プラズマ空間14内に存在する電荷を帯びたイオンは、イオン引き出し加速電極15によつて引き出し加速される。

【0077】そして、直径70cm程度のビーム径で液晶ディスプレイ用の比較的大きな基板上に形成された画素や駆動制御用の半導体に照射により注入される。

【0078】この際、基板1に照射されるイオンとしては、Asを含んだイオン、Pを含んだイオン及び水素イオンが挙げられる。

【0079】具体的には、Asを含んだイオンとしてはAsH<sub>x</sub><sup>+</sup>(x=0, 1, 2, 3)、Pを含んだイオンとしてはPH<sub>x</sub><sup>+</sup>(x=0, 1, 2, 3)、さらに水素イオンとしてはH<sub>2</sub><sup>+</sup>, H<sub>3</sub><sup>+</sup>が主となり、H<sup>+</sup>が若干存在する。

【0080】ここで、これら各イオンの持つ運動エネルギーについて説明する。

【0081】今、電界をE、イオンの分子量をm、イオンの電荷をq、イオンが電界から受ける力をF、この力により、イオンに生じる加速度をa、イオンが加速中に動く距離をl、イオンの最終速度をv、イオンの最終的に有する運動エネルギーをKとする。

【0082】すると、以下の式が成立する。

$$a \cdot t^2 = 2 \cdot l$$

$$v = a \cdot t$$

$$F = m \cdot a = q \cdot E = q \cdot V / l$$

$$K = m \cdot v^2 / 2 = F \cdot l = q \cdot V$$

以上の式より、K=F·lが成立する。

【0083】すなわち、実際には多少の相違があるものの、各イオンは価電数が同じ+1ならば、その構成元

素、分子量に無関係に同じ運動エネルギーを有している。なおまた、参考までに記すならば、本実施例では、Iは1~30cmである。

【0084】なお、このような分子状イオンの場合、試料の原子と衝突して各構成原子に分解される。この際、各元素の（分子の）結合エネルギーは運動エネルギーに比較して無視しえるほど小さいため、各イオン粒子（イオン化した分子）の運動エネルギーは、各元素に対して【各元素の原子量／注入時のイオン種の分子量】の比率で運動エネルギーが配分され、このエネルギーにて試料内へ注入されることとなる。

【0085】従って、AsH<sub>x</sub><sup>+</sup>, PH<sub>x</sub><sup>+</sup>により注入されるAs（原子号75）及びP（同31）の分布は、それぞれ同じエネルギーのAs<sup>+</sup>, P<sup>+</sup>で注入した場合の分布とほぼ等しい。

【0086】このように、図3に示すイオンドーピング装置を用いれば、単にプラズマ空間14を形成するチャンバー11内に分子量の異なる原料ガスを導入しさえすれば、容易に分子量の異なる不純物イオンを加速して同時に基板1に照射することができる。

【0087】以上のイオンドーピングにより、図1の(b)に示すような不純物プロファイルを得ることができる。

【0088】詳細に説明すると、PはAsよりも原子量が小さいため、50~100kVという同じ加速電圧でイオンドーピングを行うと、PがAsよりも半導体層2のより深い位置に導入される。

【0089】また、ターゲット元素との衝突による散乱をPの方が大きく受けるために、マスク直下よりもわずかに内側にもPの注入領域が形成される。

【0090】そして、結果的には図1の(b)に示すように、P及びAsが導入された第1の不純物領域81とPのみが導入された第2の不純物領域71とが形成される。

【0091】なお、実際にはゲート電極4の上部にはPとAsが打ち込まれているが、これは本発明の趣旨に直接の関係はなく、自明のことであるので、わざわざの図示はしていない。そして、このことは他の実施例でも同じである。

【0092】図4に、実際のP及びAsの半導体層2中の深さ方向の濃度分布のシミュレーション結果（勿論、実際と大きな相違はない）を示す。本図において、横軸は半導体層2に形成されたゲート絶縁層3の表面から半導体層2に至る深さ方向の距離（オングストローム）を示しており、縦軸はP及びAsの濃度を示している。

【0093】本図から明らかのように、同時に同じエネルギーでP及びAsを半導体層2に導入しているため、分子量の小さいPのほうが、Asよりも深く半導体層2に導入されているのがわかる。

【0094】なお、この後、基板全面に導電膜を形成

し、エキシマレーザによるアニーリング、熱処理等を行ってドレイン領域上に導電膜を含む電極の形成等がなされたりもする。

【0095】この熱処理を行う際に、不純物の活性化がなされると共に多少の不純物の拡散が生じ、図1の(c)に示すようなプロファイル（分布構造）となる。

【0096】以上の熱処理においては、Pがゲート電極4側面の直下からゲート電極中心部側にまで拡散する。

【0097】結果として高濃度のn<sup>+</sup>層であるソース・ドレイン領域82及び低濃度のn<sup>-</sup>層であるLDD領域72を形成することができる。

【0098】以上のように本実施例によれば、n型不純物領域を形成すべく半導体層2に導入される不純物として、PとAsを同時に導入することにより、これらの拡散係数の差と注入分布の差を利用して、1度の不純物導入工程で、低濃度のn<sup>-</sup>層であるLDD領域と、高濃度のn<sup>+</sup>層であるソース・ドレイン領域を形成することができる。

【0099】しかも、広い基板上を狭いビームで掃引することなく、一度にドーピングをなしうる。

【0100】更に、あらかじめ2種の原料ガスを細長い供給管内で充分に混合して後、装置に供給するため、既存の装置をほとんど、そのまま使用しうる。

【0101】（第2実施例）以下、本発明の薄膜トランジスタの製造方法について、他の実施例をもとに説明する。

【0102】本実施例は、不純物を半導体層表面に対し斜め方向から導入する点が、先の実施例と異なる。このため、加速電圧も70~150kVと、先の実施例よりも多く高くなっている。ただし、基板や半導体の構造、形状、寸法、ガスの種類や流量等は同じである。

【0103】以下、図5に示す製造工程断面図を参照しながら本実施例について詳細する。

【0104】図5の(a)の矢印で示すように、基板1の表面に対して斜め方向からイオン5を照射する。傾けた角度は、試料面の垂線に対して30度としている。

【0105】ただし、この角度そのものは、被照射体の厚さ、マスクとなるゲート電極の巾、高さ（厚み）、間隔等の如何、例えば高さと間隔の比率に応じて適宜、最適な値が選択されるのは勿論である。

【0106】更に、ゲート電極等のマスクパターンによって、イオン照射の影となる領域ができるため、電源、ガス源との接觸のない基板を連続的に回転させたり、一定の照射ごとに0~90度や0~180度などの範囲で断続的に回転させるようにしている。

【0107】このイオンドーピングにより、図5の(b)に示すような不純物プロファイルを得る。

【0108】詳細に説明すると、PはAsよりも分子量が小さいため、上記のように70~150kVという同じ加速電圧でイオンドーピングを行うと、PがAsよりも

も半導体層2のより深い位置に導入される。そして、結果的に、図5の(b)に示すように、P及びAsが導入された第1の不純物領域81と、Pのみが導入された第2の不純物領域71とが形成される。

【0109】その後、先の実施例と同じく不純物の活性化のための熱処理を行うことにより、先の実施例とほぼ同じく図5の(c)に示すような不純物の分布になる。

【0110】本実施例では、斜め方向から傾けてイオンを照射するため、軽いP原子をゲート電極側面直下よりもゲート電極中心部側に導入することができる。

【0111】従って、先の実施例と異なり、熱処理により積極的に不純物を拡散させなくても、LDL構造として十分に機能する状態となっている。

【0112】そしてこれは、例えば基板の材質の都合で500°C以上の熱処理が困難な場合に好都合である。

【0113】(第3実施例)以下、本発明の薄膜トランジスタの製造方法を、他の実施例にもとづいて説明する。

【0114】本実施例は、不純物を半導体層に導入する際に、ゲート電極の側面に絶縁膜パターンを形成しておく点が、先の第1実施例と異なる。このため、ゲート電極の側面に絶縁膜パターンがある他は、基板や半導体の構造、形状、寸法、ガスの種類や流量、加速電圧等は同じである。

【0115】そこで、以下では図6に示す製造工程断面図を参照しながら本実施例について相違する部分を中心に詳細に説明する。

【0116】まず、ゲート電極4の側面に絶縁膜パターン6を形成する。これは、例えば全面にSiO<sub>2</sub>膜を形成した後に、若干エッチング不足気味の条件等でドライエッチングを行うことで形成される。そして、図6の

(a)に示すようにこの状態でゲート電極4及び絶縁膜パターン6をマスクとして不純物のイオン5の注入を行う。

【0117】その結果、図6の(b)に示すような不純物の分布(プロファイル)を得ることができる。

【0118】詳細に説明すると、絶縁膜パターン6がゲート電極4の周囲側面に形成されているため、この絶縁膜パターンがマスクとなり、Asが半導体層2中に導入されるのを防止して、Pのみを選択的に半導体層2中に導入することができる。

【0119】結果的には、図6の(b)に示すように、P及びAsが導入された第1の不純物領域81とPのみが導入された第2の不純物領域81とが形成される。

【0120】その後、不純物の活性化のための熱処理やランプ加熱、レーザーアニール等の処理を行うと、多少の不純物の拡散が発生する。

【0121】その結果、図6の(c)に示すように、Pがゲート電極4側面直下よりもゲート電極中心部側に拡散し、高濃度のn<sup>+</sup>層であるソース・ドレイン領域82

及び低濃度のn<sup>-</sup>層であるLDL領域72を形成する。

【0122】以上のように、本実施例によれば、先の第1実施例と異なり、ゲート電極4の側面に絶縁膜パターン6を形成してマスクとして利用しているため、図5の(c)における熱処理を行う前の段階で、既にPのみが導入された第2の不純物領域をP及びAsが導入された第1の不純物領域よりもゲート電極中心側に容易に形成することができる。

【0123】従って、本実施例は、第1実施例よりもより容易に制御性よくLDL領域を形成することができ、基板の材質の関係で高温の熱処理を行うことをできるだけ避けたい薄膜トランジスタの製造においては、より好ましいと言える。

【0124】なお、本実施例では、図6に示したように、絶縁膜パターン6の最上部がゲート電極4の最上部よりも低くしているが、これは、ゲート電極4下のチャネル領域に不純物が導入されるのを防止しつつ、絶縁膜パターン6下に確実にPを導入するためである。

【0125】なお、また、条件によっては、絶縁膜パターン6の最上部をゲート電極の最上部にほぼ等しくしてもよく、この場合には従来通りの絶縁膜パターン形成プロセスを用いることができる。

【0126】更にまた、絶縁膜パターンは、ケースによりゲート電極の左右のみに形成する。

【0127】(第4実施例)以下、本発明の薄膜トランジスタの製造方法を、他の実施例にもとづいて説明する。

【0128】本実施例は、先の第2実施例と第3実施例とを併せたものである。

【0129】このため、不純物を半導体層に導入する際にゲート電極の側面に絶縁膜パターンを形成しておく点及び不純物を半導体層に斜め方向から導入する点が先の第1実施例と異なる。従って、基板や半導体の構造、形状、寸法は、ゲート電極側面の絶縁膜パターンがゲート電極と同じなのを除き、先の第3実施例と同じである。また、ガスの種類や流量は、先の3つの実施例と同じである。

【0130】更にまた、加速電圧及びイオン照射の角度は先の第2実施例と同じである。

【0131】以下、図7に示す製造工程断面図を参照しながら本実施の例について詳細に説明する。

【0132】まず、先の第3実施例と同じ手段でゲート電極4の側面に絶縁膜パターン6を形成する。そして、この状態でゲート電極4及び絶縁膜パターン6をマスクとして不純物のイオン5の注入を行う。この様子を(図6の(a))に示す。

【0133】さらに本実施例は、イオン照射を斜め方向から行うため、基板を連続的に回転させたりするのも先の第2実施例と同じである。

【0134】以上により、図7の(b)に示すような不

純物プロファイルを得ることができる。

【0135】以上より、本実施例では先の第2、第3実例にて説明した効果がより一層發揮されることとなる。

【0136】(第5実施例)以下、本発明の薄膜トランジスタの製造方法を、更に他の実施例に基づいて説明する。

【0137】本実施例は、PやAs等のn型不純物をイオンドーピングにより半導体層に導入する際に、p型の不純物としてB(硼素)をも同時に導入する点が先の第1～第4実施例と大きく異なる。

【0138】以下、図8に示す製造工程断面図を参照しながら本実施例について詳細に説明する。

【0139】図8は、本実施例の薄膜トランジスタの製造工程断面図である。

【0140】以下、各工程について説明する。

【0141】まず、ガラス等の基板1上に半導体層2を形成する。その後、SiO<sub>2</sub>からなるゲート絶縁層3を形成し、更にゲート絶縁層3上に先の各実施例よりも多少薄め、すなわち膜厚が100nm程度のゲート電極4を形成する。

【0142】そして、この状態でゲート電極4をマスクとして不純物導入を行う。これを(図8の(a))に示す。

【0143】本実施例では、P及びAsのn型不純物以外に更にBのp型不純物をも同時に導入する。

【0144】このため、Pを含有する原料ガスとして水素希釈0.1～1%PH<sub>3</sub>を用い一方Asを含有する原料ガスとして水素希釈5～20%AsH<sub>3</sub>を用い、更にBを含有する原料ガスとして水素希釈0.1～1%B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>を用い、各々の原料の濃度流量を、0.5～10scm、50～200scm及び0.5～10scmとし、このもとで加速電圧70～150kVでドーピングを行う。なお、圧力等は先の実施例と同じである。

【0145】この際、図8の(a)に示す工程においては、先の各実施例と同様にLDD領域を形成するために注入されるPの量はソース・ドレイン領域を形成するために注入されるAsの量よりも少なくしておく。

【0146】以上のイオンドーピングにより、図8の(b)に示すような不純物プロファイルを得る。

【0147】PとAsについては、先の各実施例と同じであるため説明は省略する。

【0148】以下、Bについて説明する。

【0149】BはPよりも更に注入力が大きいため、後にLDD領域72やソース・ドレイン領域82となる部分(合計厚さは100～150nm)を通り抜けて基板へと達する。従って、この領域においてBは存在しない。但し、厚さ100nmのゲート電極4下(チャネル領域)に照射されたBは、このゲート電極が障害物となるため、基板まで突き抜けることはなく、チャネル領域にBのドープ層91を形成することができる。

【0150】その後、不純物の活性化のための熱処理を行うと、多少の不純物拡散が発生し、このため、図8の(c)に示すように、Pがゲート電極4側面の直下よりもゲート電極の中心部側に拡散しやすくなり、結果として低濃度のn<sup>-</sup>層であるLDD領域72及び高濃度のn<sup>+</sup>層であるソース・ドレイン領域82を形成する。

【0151】以上説明してきたように、本実施例によれば、上述の各実施例のごとく単にPとAsを同時に導入して低濃度のn<sup>-</sup>層であるLDD領域と高濃度のn<sup>+</sup>層であるソース・ドレイン領域を形成するだけでなく、ゲート電極4の下のチャネル領域に選択的に軽元素であるp型不純物のBを導入することとなる。そして、このB層92の存在により薄膜トランジスタの閾値電圧(threshold voltage)制御を行なうことができる。

【0152】なお、本実施例は、PやAsだけでなく、Bを導入することについて、第1実施例に対応させたものであるが、第2～第4実施例に対応させた構成としてもよいのは言うまでもない。

【0153】また、Bを含有するガスとして、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ではなくBF<sub>3</sub>等の他のガスをしてもよいのは勿論である。

【0154】(第6実施例)以下、本発明の薄膜トランジスタの製造方法について、更に他の実施例に基づいて説明する。

【0155】本実施例は、PとAsという異なる不純物を導入するのではなく、Asという同じ元素を用いつつ、1度のドーピングによりLDD構造を有する薄膜トランジスタを形成する点が先の各実施例と異なる。

【0156】以下、図9に示す製造工程断面図を参照しながら本実施例を詳細に説明する。

【0157】まず、第1実施例と同様にガラス等の基板1上に半導体層2を形成する。その後、ゲート絶縁層3を形成し、更にゲート電極4を形成する。

【0158】そして、この状態でゲート電極4をマスクとして不純物のイオン5の注入を行う。この様子を図9の(a)に示す。

【0159】次に、同じAsという元素を含有する異なる分子量を有する複数のガスの混合物たる原料ガスを用いてイオンドーピングを行う。

【0160】具体的には、Asを含有する水素化物の第1の原料ガスとして水素希釈0.5～1%AsH<sub>3</sub>を、Asを含有するハロゲン化物の第2の原料ガスとしてAsCl<sub>3</sub>を用い、各々の原料の流量を、0.5～10scm及び10～100scmとして加速電圧70～150kVでドーピングを行う。

【0161】この際、上述の各実施例と同じく、LDD領域を形成するために注入される第1の原料ガス量はソース・ドレイン領域を形成するために注入される第2の原料ガスの量よりも少なくしておく。

【0162】このイオンドーピングにより、図9の(b)に示すような不純物プロファイルを得ることができる。

【0163】詳細に説明すると、第1の原料ガス中に含まれているAsの水素化物は第2の原料ガス中に含まれているAsのハロゲン化物よりも分子量が軽く、Asに割り振られる運動エネルギーが大きい。

【0164】このため、同じ70～150kVという加速電圧でイオンドーピングを行うと、Asの水素化物に含まれるAsが、Asの塩素化物に含まれるAsよりも半導体層2のより深い位置に導入される。

【0165】そして、結果的には図9の(b)に示すように、Asが低濃度で導入された第1の不純物領域71とAsが高濃度で導入された第2の不純物領域81とが形成される。

【0166】その後、活性化のため熱処理を行うと、多少の不純物の拡散が発生し、図9の(c)に示すように、Asがゲート電極4側面の直下からゲート電極の中心部側に拡散し、結果としてLDD領域72及びソース・ドレイン領域82を形成する。

【0167】以上説明してきたように本実施例によれば、n型不純物領域を形成のために半導体層2に導入される不純物として、同じAsを含有し分子量が異なる原料ガスを用いてイオンドーピング法により半導体層2に導入する。

【0168】そして、これにより、1度の不純物導入工程で低濃度のn<sup>-</sup>層であるLDD領域と高濃度のn<sup>+</sup>層であるソース・ドレイン領域を形成することができる。

【0169】以上、本実施例は、先の第1実施に対応したもので説明を行ったが、第2～第4実施例の構成に対応して実施してもよいのは勿論である。

【0170】なお、以上の例では、同じAsを含有しつつ分子量が異なる原料ガスとしてAsの水素化物と塩素化物を用いたが、必ずしも水素化物と塩素化物を用いる必要はなく、また、Asの代わりにPを用いてもよいのは勿論である。

【0171】加えて、上記の例ではn型層を得ることについて記したが、p型層を得る場合には、例えばBを不純物元素とする場合、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>とBF<sub>3</sub>の様な組み合わせを用いてもよい。

【0172】(第7実施例)以下、本発明の薄膜トランジスタの製造方法をまた別の実施例にもとづいて説明する。

【0173】本実施例は、図10に示すようにボトムゲート型のトランジスタであるのが、今までの実施例と異なる。

【0174】本図10の(a)において、1はガラス基板である。41は、ガラス基板上に形成されたCr、Al等からなる厚さ50～200nm程度のゲート電極である。31は、SiO<sub>2</sub>からなる厚さ50～400nm

程度のゲート絶縁層である。51は、レーザアニール、500～600°Cの熱処理等で結晶化させたSiからなる厚さ20～100nm程度の半導体膜である。61は、SiO<sub>2</sub>からなる厚さ100～400nm程度の保護膜である。

【0175】この半導体に、保護膜をマスクとして、加速電圧は10～100kV、その他は第1実施例と同様の条件でAsとPを注入した。

【0176】その結果、図10の(b)に示すように、10 AsとPが注入されて不純物が高濃度のn<sup>+</sup>層であるソースドレイン領域482及びPのみが注入されて不純物が低濃度のn<sup>-</sup>層であるLDD領域472が形成された。

【0177】なお、本実施例はトップゲート型のトランジスタの第1実施例に対応したものであるが、他の実施例に対応させた実施がなされうるのは勿論である。

【0178】(第8実施例)以下、本発明の薄膜トランジスタの製造方法を、また別の実施例にもとづいて説明する。

20 【0179】本実施例は、図11に示すように原料ガスのプラズマ化的手段として高周波電源13の他にマイクロ波(VHF)放電部20、電子銃21をも有しているのが先の各実施例と大きく異なる。

【0180】また、チャンバー11が上下方向に長く、原料ガスを積極的に混合するミキサー22、各原料ガス用バルブ23、基板を回転させるモータ24、傾斜させる治具25を有しているのも相違する。

【0181】チャンバー11が上下に長いだけプラズマ空間が上下に距離があり、このため上部の高周波電源で+1価に帯電させたイオンの一部を下部の電子銃等で+2価に帯電させること等もなじうる。すなわち、荷電数の相違による注入深さの相違をも利用しうる。

【0182】更に、マイクロ波放電部20や電子銃21により単一の水素化原料ガス、例えばPH<sub>3</sub>を使用してPH<sub>3</sub><sup>+</sup>とPH<sub>3</sub><sup>++</sup>というように同時に1価と2価の荷電粒子を製造しえ、これにより同一不純物元素に対して、(稀釀用の水素ガスは別にして、)ただ1種の原料ガスを使用して異なる注入深さを有するようにすることも可能となっている。

40 【0183】また、原料ガスとしてAsH<sub>3</sub>とAS<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>とB<sub>2</sub>H<sub>10</sub>とB<sub>5</sub>H<sub>9</sub>あるいはPH<sub>3</sub>とP<sub>2</sub>H<sub>4</sub>等同一の不純物の複数の水素化物をも使用しえる。この場合、例えばPH<sub>3</sub>とP<sub>2</sub>H<sub>4</sub>を使用した場合には、イオンの荷電数がともに1ならば、PH<sub>3</sub>のPはP<sub>2</sub>H<sub>4</sub>のPに比較してほぼ倍のエネルギーを有することとなる。

【0184】このため、同一不純物元素に対して複数の注入深さをえるために、塩素やフッ素のような質量の大きな元素との化合物のガスを使用せずにすみ、ひいては第6実施例に比較して半導体へのドーピング時の悪影響が

少ない。

【0185】ひいては、より柔軟な使用、機能発揮が可能となっている。

【0186】更にまた、バルブを開閉して、侵入深さのことなる複数の不純物イオンを打ち込む前後に、単独の不純物イオンのみを打ち込むこともなしうる。

【0187】この面からも、より柔軟な使用、機能発揮が可能となっている。

【0188】以上、本発明を幾つかの実施の形態に基づいて説明してきたが、本発明は何もそれらに限定されないのは勿論である。すなわち、例えば以下のようにしてもよい。

【0189】(1) 薄膜トランジスタでなく、LSIに適用する。

(2) 稀釈ガスとして、水素でなくヘリウムを用いる。

(3) 半導体層として、ポリシリコンでなく、アモルファスシリコン等他の物質を用いる。

(4) 加速距離や加速電圧が変更可能である。

(5) 携帯用のノート型パソコンの表示装置用等、1個1個は小さいが多数配列された基板に不純物イオンを照射する。

(6) 不純物イオンの照射が小さな基板専用用のものであり、このためプラズマ室の直径も小さい。

(7) 斜めからの注入の際、イオン源を基板に対して回転させるようにしている。

(8) 単独のイオンの注入を併用している。(従つて、ケースによっては、3重に不純物層の異なる半導体としている。)

(9) マスクとしてのゲート電極や保護膜の厚さを製造等の都合で先に定め、これに応じて注入する不純物の種類やイオンの加速電圧等を決める等、一見構成が異なるが、実質同じ構成としている。

(10) 将来、非常に薄い基板等が実用化されたときには、ボトムゲート型のトランジスタに対して、基板側から照射する。

#### 【0190】

【発明の効果】以上説明してきたように本発明によれば、同一種類の不純物元素であれ複数の種類の不純物元素であれ、複数の不純物イオンとして打込む際に、ただ一度の打込みで済む。

【0191】しかも、大きな基板に対して、掃引等なく不純物注入しうる。

【0192】これにより、単に作業が簡単となるだけでなく、毒性、危険性のあることの多い不純物元素のイオンの打込作業が少なくなる。

【0193】また、水素化合物を使用することにより、打込まれる半導体の損傷を極力少なくしうる。

【0194】また、閾値電圧制御が可能なLDIを容易に製造しうる。

【0195】また、これらにより、性能の優れたLDI

50

を安価、簡単に製造しうる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例における薄膜トランジスタの製造工程断面図である。

【図2】従来技術での薄膜トランジスタの製造工程断面図である。

【図3】イオンドーピング装置の概略構成図である。

【図4】本発明の各実施例において半導体層に導入された不純物の深さ方向の濃度分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図5】本発明の第2実施例における薄膜トランジスタの製造工程断面図である。

【図6】本発明の第3実施例における薄膜トランジスタの製造工程断面図である。

【図7】本発明の第4実施例における薄膜トランジスタの製造工程断面図である。

【図8】本発明の第5実施例における薄膜トランジスタの製造工程断面図である。

【図9】本発明の第6実施例における薄膜トランジスタの製造工程断面図である。

【図10】本発明の第7実施例におけるボトムゲート型の薄膜トランジスタの製造工程断面図である。

【図11】本発明の第8実施例のイオンドーピング装置の概略構成図である。

#### 【符号の説明】

1	ガラス基板
2	半導体層
3	ゲート絶縁層
4	ゲート電極
5	イオン
6	絶縁膜パターン
7	打込まれた不純物が低濃度の領域
7 1	第1の不純物領域
7 2	LDI領域
8	打込まれた不純物が高濃度の領域
8 1	第2の不純物領域
8 2	ソース・ドレイン領域
9 1	ドープ層
9 2	B層
40	イオン源のチャンバー
1 2	流量制御装置
1 3	高周波電源
1 4	プラズマ空間
1 5	加速電極
2 0	放電部
2 1	電子錠
2 2	ミキサー
2 3	バルブ
2 4	モータ
25	基板を傾斜させる治具

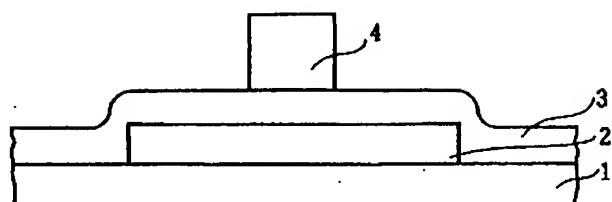
3 1 ゲート絶縁層  
4 1 ガラス基板上に形成されたゲート電極

5 1 半導体膜  
6 1 保護膜

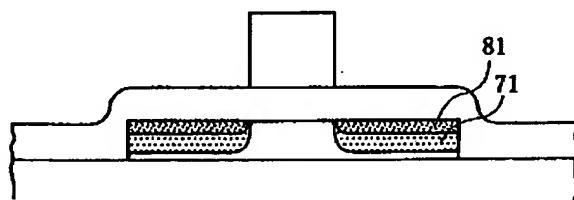
【図1】

(a)

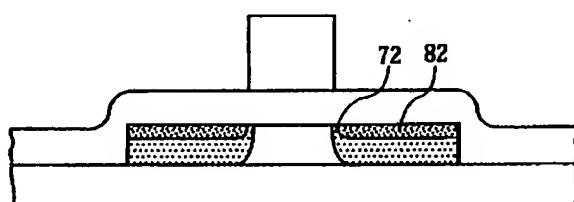
↓ ↓ AsH<sub>x</sub><sup>+</sup> ↓ ↓ PH<sub>x</sub><sup>+</sup> ↓ ↓ 5



(b)

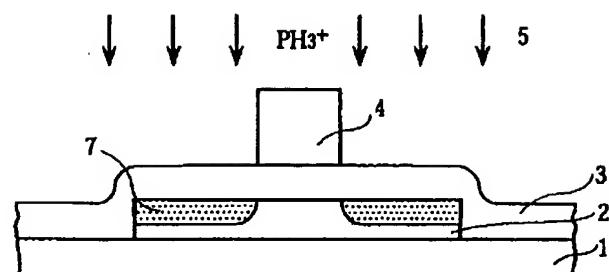


(c)

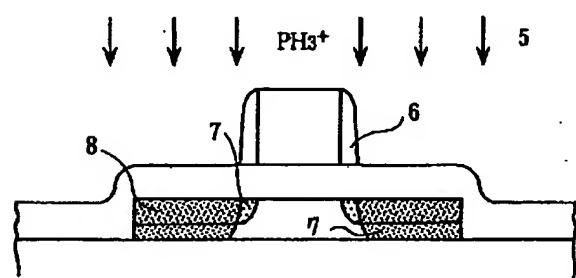


【図2】

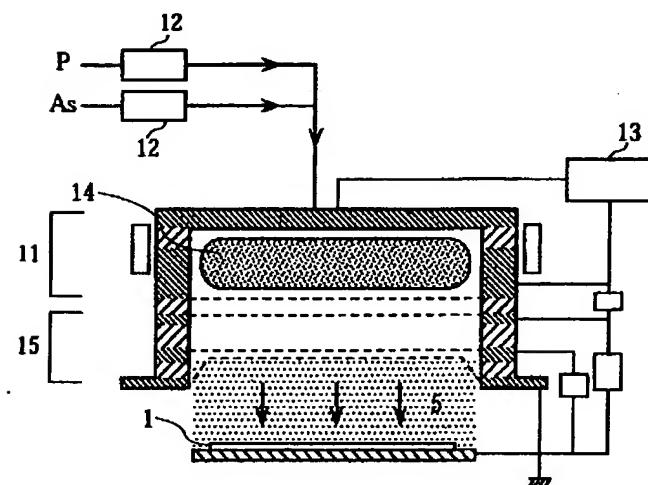
(a)



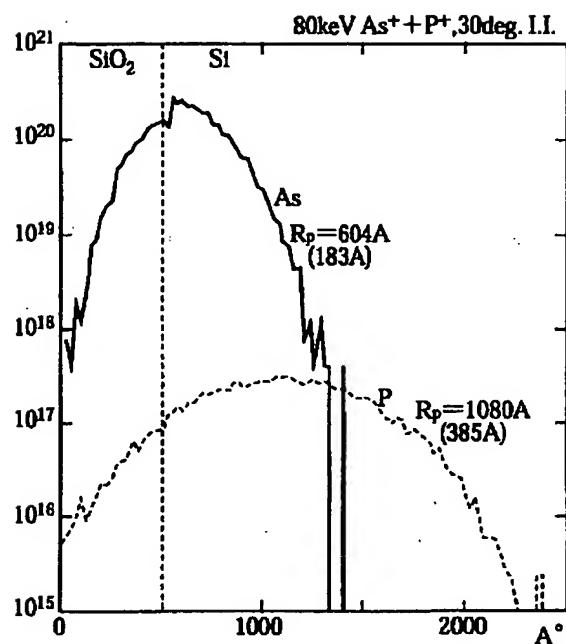
(b)



【図3】

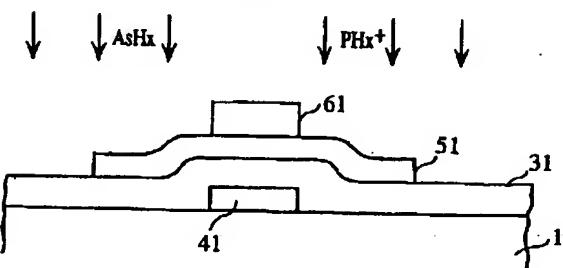


【図4】

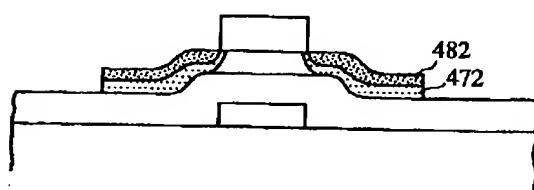


【図10】

(a)

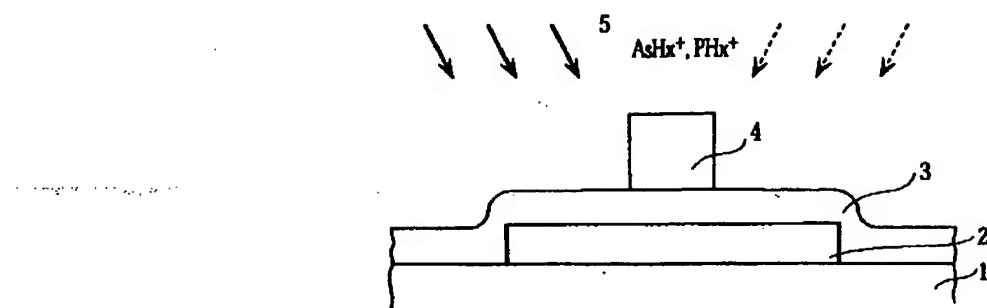


(b)

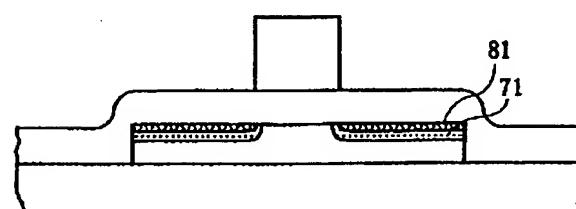


【図5】

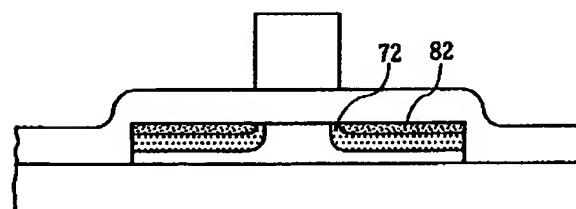
(a)



(b)



(c)

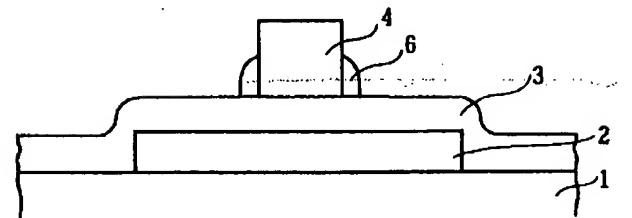


【図6】

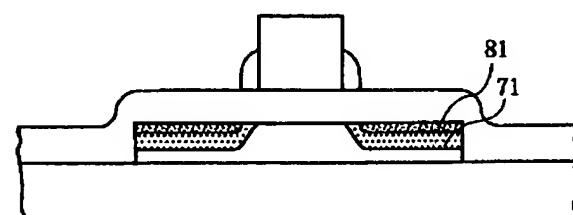
(a)

↓      ↓      ↓      ↓      ↓      5

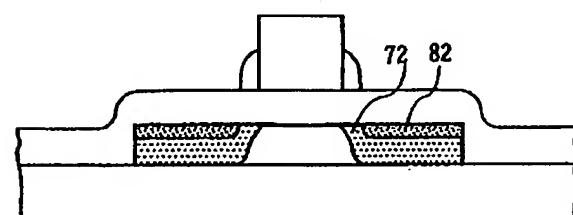
$\text{AsH}_3^+$        $\text{PH}_3^+$



(b)



(c)

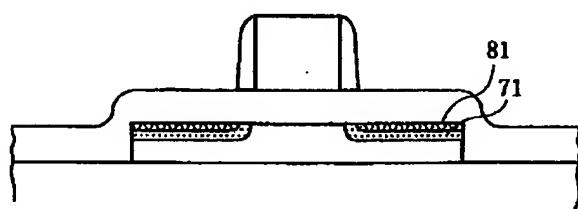


【図7】

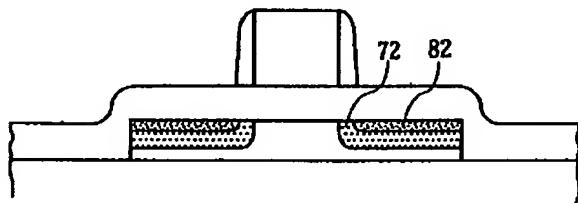
(a)



(b)



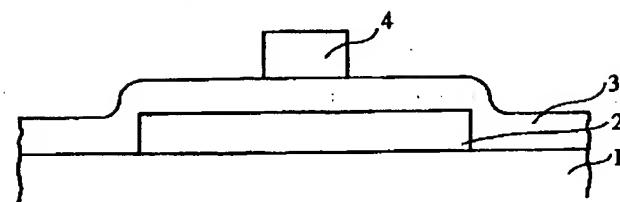
(c)



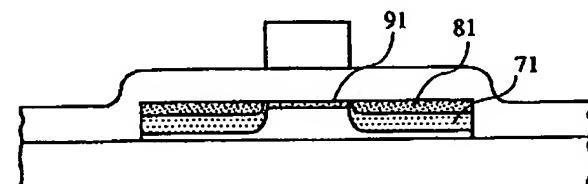
【図8】

(a)

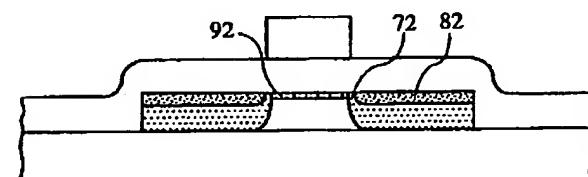
↓  $\downarrow \text{AsHx}^+$  ↓  $\text{B}_2\text{Hx}^+$  ↓  $\text{PHx}^+$  ↓ 5



(b)

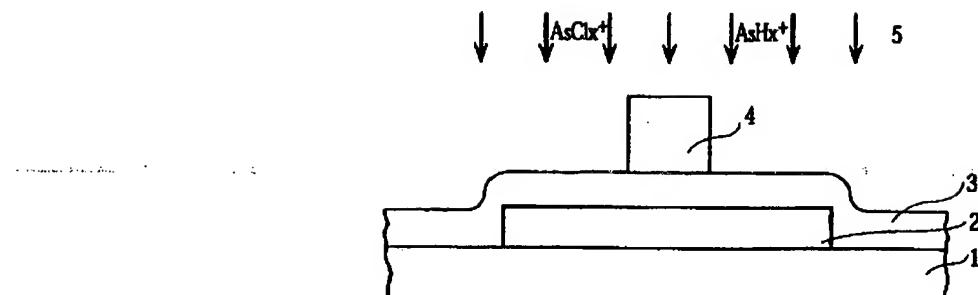


(c)

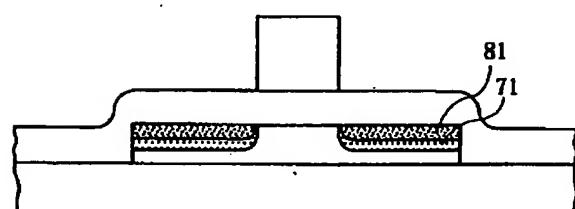


【図9】

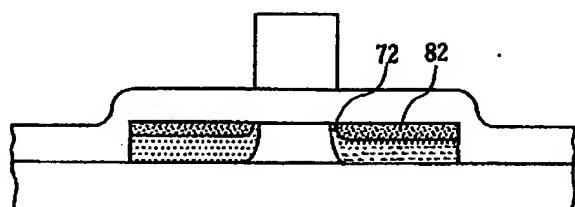
(a)



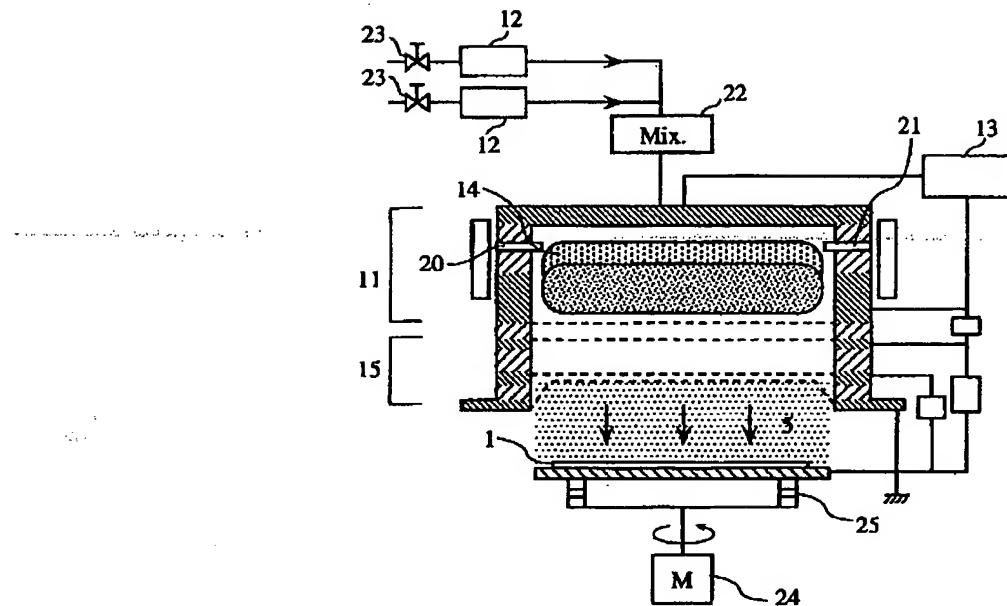
(b)



(c)



【図11】



---

フロントページの続き

(72)発明者 足立 和泰  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内